

MENU

SEARCH

INDEX

JAPANESE

LEGAL  
STATUS

1 / 1

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 58-056332  
(43)Date of publication of application : 04. 04. 1983

(51)Int. Cl.

H01L 21/30

(21)Application number : 56-153806  
(22)Date of filing : 30. 09. 1981

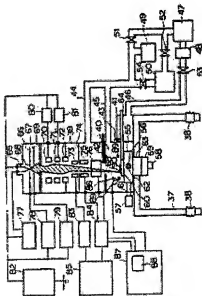
(71)Applicant : HITACHI LTD  
(72)Inventor : YAMAGUCHI HIROSHI  
MIYAUCHI TAKEOKI  
SHIMASE AKIRA  
HONGO MIKIO

## (54) CORRECTION OF DEFECT IN MASK AND DEVICE THEREOF

## (57)Abstract:

PURPOSE: To perform correction of a defect of a mask with favorable precision by a method wherein an ion beam is extracted from a high luminous ion source, the beam is condensed into a minute spot by a charged particle optical system, and a black point defect in the mask is irradiated to be removed.

CONSTITUTION: The mask 90 having the black point defect is put in a sample chamber 40 and is put on a loading desk 55, and the chamber is depressurized to a vacuum. Then the ion beam 68 of low accelerating voltage is extracted from the high luminous ion source of liquid metal ion source, electric field ionization type ion source to operate at an extremely low temperature, etc. The sample 90 is scanned with the spot 68' thereof, while the surface of sample is magnifiedly indicated on a Braun tube 88 to observe the black point defect in the sample. Then the beam 68 is extracted to be condensed by electrostatic lenses 70, 71, 72 applying a negative voltage to a beam extracting electrode 67, the spot 68' is irradiated to the black point defect in the sample 90 making the beam to be deflected by deflecting electrodes 75, 76, and defect correction of the mask is performed.



⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭58—56332

⑬ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 L 21/30

識別記号

庁内整理番号

7131—5 F

⑭ 公開 昭和58年(1983) 4月 4日

発明の数 4

審査請求 未請求

(全 14 頁)

⑮ マスクの欠陥修正方法とその装置

⑯ 特 願 昭56—153806

⑰ 出 願 昭56(1981) 9月30日

⑱ 発 明 者 山口博司

横浜市戸塚区吉田町292番地株  
式会社日立製作所生産技術研究  
所内

⑲ 発 明 者 宮内建興

横浜市戸塚区吉田町292番地株  
式会社日立製作所生産技術研究  
所内

⑳ 発 明 者 嶋瀬朗

横浜市戸塚区吉田町292番地株  
式会社日立製作所生産技術研究  
所内

㉑ 発 明 者 本郷幹雄

横浜市戸塚区吉田町292番地株  
式会社日立製作所生産技術研究  
所内

㉒ 出 願 人 株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内1丁目5  
番1号

㉓ 代 理 人 弁理士 秋本正実

1

明 細 書

発明の名称 マスクの欠陥修正方法とその装置  
特許請求の範囲

1. 液体金属イオン源、低電圧で動作する電界電離型のイオン源等の高輝度のイオン源からイオンビームを引出し、該イオンビームを荷電粒子光学系により微小なスポットに集束し、試料であるマスクの黒点欠陥に照射し、該黒点欠陥を除去することを特徴とするマスクの欠陥修正方法。

2. 液体金属イオン系、低電圧で動作する電界電離型のイオン源等の高輝度のイオン源からイオンビームを引出し、該イオンビームを荷電粒子光学系により微小なスポットに集束するとともに、イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防止しつつマスクの黒点欠陥に照射し、該黒点欠陥を除去することを特徴とするマスクの欠陥修正方法。

3. 前記イオンビームをマスクの黒点欠陥の大きさよりも小さいスポットに集束し、該スポットをマスクの黒点欠陥に照射するとともに走査させることを特徴とする特許請求の範囲第1項または

第2項記載のマスクの欠陥修正方法。

4. 真空容器内に試料室を形成し、該試料室にマスクを載置する載物台を設け、同真空容器内に試料室に対峙させて液体金属イオン源または低電圧で動作する電界電離型のイオン源等の高輝度のイオン源を設けるとともに、少なくとも、前記イオン源からイオンビームを引出す手段と、引出されたイオンビームをスポットに集束する荷電粒子光学系と、イオンビームの出力や安定性、スポット径、スポットの照射方向を制御し、マスクの黒点欠陥にスポットを照射させる手段とを設置したことを特徴とするマスクの欠陥修正装置。

5. 真空容器内に試料室を形成し、該試料室にマスクを載置する載物台を設け、同真空容器内に試料室に対峙させて液体金属イオン源または低電圧で動作する電界電離型のイオン源等の高輝度のイオン源を設けるとともに、少なくとも、前記イオン源からイオンビームを引出す手段と、引出されたイオンビームをスポットに集束する荷電粒子光学系と、イオンビームの出力や安定性、スポット

2 頁

3 1

トの照射方向を制御し、マスクの黒点欠陥にスポットを照射させる手段とを設け、さらにイオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段を設けたことを特徴とするマスクの欠陥修正装置。

6. 前記スポットの乱れを防ぐ手段は、イオンビームを電気的に中和するように構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第5項記載のマスクの欠陥修正装置。

7. 前記スポットの乱れを防ぐ手段は、マスクの配線パターンを通じてイオンビームの電荷を外部に放出させるように構成されていることを特徴とする特許請求の範囲第5項記載のマスクの欠陥修正装置。

発明の詳細な説明

本発明は、半導体集積回路のマスクの欠陥修正方法とこの方法を実施するための装置に関する。

近年、半導体集積回路(IC)は微細化・高集積化が著しく進み、配線パターンの寸法は3 $\mu$ から2 $\mu$ へと移行しつつあり、数年後には1 $\sim$ 1.5 $\mu$ パターンの実現が予測されている。これに伴い、マ

スクに発生する欠陥の修正についても、高度の技術が要求される。

第1図、第2図にフォトマスクの縦断面とその平面を示す。これらの図に示されるフォトマスクは、ガラス基板1の上にCrなどの金属材料、酸化鉄のごとき金属化合物材料など、露光用の光に対する透過率の低い材料の薄膜(厚さ約100 $\sim$ 約1000 $\text{\AA}$ )を蒸着し、フォトリソグラフィ技術により所望の配線パターン(以下、パターンと略称)3を形成している。なお、第1図中、Aはパターンの間隔、Bはパターンの幅である。このようなフォトマスクには、パターン形成工程等で黒点欠陥4、5および白点欠陥6が発生することが普通である。これは主としてフォトリソグラフィ工程における異物の介在による。前記黒点欠陥4、5は、この例では金属Crが本来存在してはならない場所に存在するものである。前記白点欠陥6は、本来存在すべき場所の金属Crが欠落したものである。このような欠陥のあるフォトマスクをそのまま使用すれば、この欠陥がそのままエッチ上の素子パ

3344明58-56332(2)

5

ーンに転写され、ICの不良を生じる。2種の欠陥のうち黒点欠陥4、5の方が数が多い。この欠陥に対する修正方法としては現在レーザ加工法によるものが主流を占めている。

第3図に従来技術であるレーザによるマスク修正装置の概略を示す。

この従来技術では、レーザ発振器8から出たレーザビーム9は反射ミラー10により反射され、半透過ミラー11を通過した後、レンズ12で集光され、移動載物台13の上に設置されたフォトマスク14上の黒点欠陥15に照射され、黒点欠陥15を除去する。ハーフミラー15、照明光源17、凹面ミラー18、コンデンサレンズ19からなる照明光学系は、試料表面を照明するためのものである。また、レンズ20、21よりなる観察光学系は、試料を観察し、これにより移動載物台13を動かして黒点欠陥15の位置を調節し、集光されたレーザが黒点欠陥15に正確に照射されるようにするものである。

ところで、3 $\mu$ パターンの配線を修正するためには、修正強度、すなわち修正時に除去された部

6 1

分の寸法精度は±1 $\mu$ が要求され、これには集光したレーザスポット径として1 $\mu$ 以下が必要となる。これは、短波長レーザを用いることにより十分対応できる。

しかしながら、レーザビームによるスポット径の微細化には露光限界のため下限があり、0.5 $\mu$ 精度が限界であると考えられる。これはレーザによる集束の限界であり、レーザ加工によるマスク修正技術によつては、より微細なパターンに対応できないことを示す。すなわち、1 $\sim$ 1.5 $\mu$ パターンおよびそれ以下の配線のICにおいては、マスクの欠陥は0.3 $\sim$ 0.5 $\mu$ 以上のものが欠陥とされ、最小修正単位はこれ以下のものが要求される。しかし、前述のごとき集束限界のため、従来のレーザ加工技術ではこれに対応できないことがわかる。

以上の説明は、可視・紫外光を用いた露光のためのフォトマスクの修正についてである。パターンの微細化が進めば、回折・散乱などの問題を有する光によるフォトリソグラフィ技術には精度の低い微細加工ができないため、回折・散乱の少な

7. 11

いX線や、平行束のイオンビームによる露光が用いられると考えられる。

第4図(1)～(6)にX線露光用マスクの一例を示す。

まず、第4図(1)に示すごとく厚さ数100 $\mu$ 程度の81高純25 $\mu$ に厚さ数 $\mu$ のバリレン24を形成し、さらにその上に厚さ数100 $\mu$ のCr薄膜25、その上にX線の吸収体として厚さ数1000 $\mu$ のAu薄膜26を形成する。この上にさらに厚さ数1000 $\mu$ 程度にPMDAレジスト27を塗布する。ついで、電子ビーム露光機による露光により、この上に必要なパターンを描画露光し、現像処理を行なうと、PMDAレジスト27に第4図(2)に示すような露28、29が形成される。このPMDAレジスト27にあらわれた露28、29を用い、リソオフ法により第4図(3)に示すような厚さ約1000 $\mu$ のCr30のパターンが形成される。すなわち、第4図(3)に示す状態に対して、上面よりCr30を厚さ約1000 $\mu$ に高増した後、PMDAレジスト27を剥離液で処理して剥離すれば、PMDAレジスト27の上に残っているCrはPMDAレジスト27とともに除去され、Cr30のパターンが

特開昭58-56332(3)

生じる。この後、このCr30の薄膜レジストとしてイオンビームエッチングを行ない、Cr30のない部分のAu26の薄膜を除去し、第4図(4)に示すものを形成する。さらに、背面から81高純25を大きくエッチングし、支持に必要な部分のみを残す。このようにすれば、第4図(5)に示すように必要な部分のみX線の吸収体であるAu26の約1000 $\mu$ の薄膜が存在し、他はX線を吸収しないCr30の約1000 $\mu$ の薄膜とバリレン24のみを残しかつ81の支持部分25により支えられたX線用のレジストが製作される。

次に第5図にコリメートされたイオンビームによる露光用のマスクの一例を示す。

この第5図に示すマスクは、支持膜31、イオン吸収体32、スペーサ33と構成されている。その支持膜31には、通過するイオンビームの散乱をできるだけ小さくするような材料が用いられる。たとえば上下方向に結晶軸を有する単結晶シリコン薄膜であり、これは上下方向からコリメートされたイオンビームを照射するとき、イオンビームの

9

10. 11

入射方向と81支持膜の結晶軸方向を一致させれば、チャネリングにより入射イオンビームの大部分が通過し、散乱されるイオンはきわめて少ないことを利用している。別の例では、きわめて薄く、堅い材料の支持膜が用いられる。たとえば、バリレン24の型に張られた厚さ数100～数1000 $\mu$ のAu26の薄膜でイオンビームを透過させるものである。前記支持膜31の下部に、イオン吸収体32として、たとえばAuの薄膜が形成され、これにパターンが形成される。その方法はX線用マスクと同様でPMDAなどのレジストの電子ビーム露光等による露光と、それに伴うエッチングによる。

以上、X線露光用マスクと、コリメートされたイオンビーム露光用のマスクとについて述べた。これらのマスクにおいても、PMDA等のレジストの露光・現像が必要であり、この工程中で異物により欠陥が発生することはまれにみられる。

X線露光、イオンビーム露光は、1 $\mu$ 以下のパターンに適用されると予想されるが、これらのマスクにおいても欠陥が存在し、0.2 $\mu$ ないしそれ以

下の修正精度が要求される。これに対して、レーザ加工法による修正が適用できないことは前記述べたことから明らかである。

本発明の目的は、前記従来技術の欠点をなくし、1～1.5 $\mu$ ないしは1 $\mu$ 以下のパターンのICを製作するためのフォトマスク、X線露光用マスク、イオンビーム露光用のマスク等に発生するマスクの欠陥修正を、精度良くかつ十分に実用的な生産性をもつて行なうマスクの欠陥修正方法を提供するとともに、この方法を確実実施しうる装置を提供するにある。

本発明の1番目の発明は、高輝度のイオン源からイオンビームを引出し、該イオンビームを電磁線子光学系により微小なスポットに集束し、該材料であるマスクの黒点欠陥に照射し、該黒点欠陥を除去することを特徴とするもので、この構成によりマスクの欠陥修正を、精度良くかつ十分に実用的な生産性をもつて行なうようにできたものである。

また、本発明の2番目の発明は、1番目の発明

11

において、イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防止しつつマスクの黒点欠陥に照射することを特徴とするもので、この構成によりマスクの欠陥修正を、より一層精度良く行ないうることができたものである。

さらに、本発明の3番目の発明は、真空容器内に試料室を形成し、該試料室にマスクを載置する載物台を設け、同真空容器内に試料室に対峙させて液体金属イオン源または低圧電極動作する電界電極間のイオン源等の高圧電極のイオン源を設けるとともに、少なくとも、前記イオン源からイオンビームを引出す手段と、引出されたイオンビームをスポットに集束する荷電粒子光学系と、イオンビームの出力や安定性、スポット径、スポットの照射方向を制御し、マスクの黒点欠陥にスポットを照射させる手段とを設けたことを特徴とするもので、この構成により前記1番目の発明を確実に実施できるようにしたものである。

そして、本発明の4番目の発明は、前記3番目の発明において、イオンビームの電荷によるスポ

ットの乱れを防ぐ手段を設けたことを特徴とするもので、この構成により前記2番目の発明をも確実に実施できるようにしたものである。

以下、本発明を図面に基いて説明する。

第6図に本発明に係るマスクの欠陥修正装置の一例を示す。

この第6図に示す装置は、架台37、真空容器を構成する鏡筒39と試料室40、該試料室40に連設された試料交換室41、真空排気系、試料であるマスクの載物台55、液体金属イオン源65、コントロール(パイアス)電極66、イオンビームの引出し電極67、アパーチャ69、静電レンズ70、71、72、ブランキング電極73、アパーチャ74、偏向電極75、76、フィラメント用電極77、コントロール電極78、引出し電極用電極79、静電レンズ用電極80、81、高圧電極82、ブランキング電極用電極83、偏向電極用電極84、電極の制御装置88、試料室40内に挿入された2次荷電粒子検出器86、SIM(走査型イオン顕微鏡)観察装置87、イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段89とを備え

13

ている。

前記架台37は、エアサポート38により防塵措置が施されている。

前記試料室40および試料交換室41は、前記架台37の上に設置され、試料室40の上に鏡筒39が設置されている。

前記試料室40と鏡筒39とは、ゲートバルブ43で仕切られており、試料室40と試料交換室41とは、他のゲートバルブ43で仕切られている。

前記真空排気系は、オイルロータリポンプ47、オイルトラップ48、イオンポンプ49、ターボ分子ポンプ50、バルブ51、52、53、54とを有して構成されている。この真空排気系と前記鏡筒39、試料室40、試料交換室41とは真空パイプ44、45、46を介して接続され、これら鏡筒39、試料室40、試料交換室41は $10^{-7}$  torr以下の真空中にしようになつている。

前記載物台55には、回転導入端子61、62、63を介してX、Y、Z方向の移動マイクロメータ56、57、58が取付けられ、かつZ方向の移動リング59

14

が設けられており、載物台55はこれら移動マイクロメータ56、57、58と移動リング59とによりX、Y、Z方向の移動および水平面内における回転角が調整されるようになつている。

前記載物台55の上には、試料台60が設置され、該試料台60の上に試料であるマスクが載置されるようになつている。そして、試料台60は試料引出し具64により試料室40と試料交換室41間を移動しうるようになつており、試料交換時にはゲートバルブ43を開け、試料台60を試料室40に引出し、ゲートバルブ43を閉じ、試料交換室41の扉を開け、試料を交換・載置し、扉を閉め、試料交換室41の予備排気を行なつてからゲートバルブ43を開け、試料台60を試料室40に入れるようになつている。なお、第6図において試料を符号60で示す。

前記液体金属イオン源65は、鏡筒39の頭部に、試料室40に対峙して設けられているこの液体金属イオン源65の第7図に示すものは、絶縁体で作られたベース650、該ベース650に1層に取付けられたフィラメント651、652、タンダステン等

15

で作られかつ両フラメンツ651, 652の先端部間にスポット溶接等で取付けられた鋭いニードル653、該ニードル653に取付けられたイオン源となる金属654とを有して構成されている。イオン源となる金属654としては、Ga, In, As, Bi, Se, Cu等が用いられる。また、前記フラメンツ651, 652はその電極651', 652'を通じて第6図に示すように、高圧電極82に接続されたフラメンツ用電極77に接続されている。

前記コントロール電極66は、液体金属イオン源65の下位に設置され、かつ高圧電極82に接続されたコントロール電極用電極78に接続されており、このコントロール電極66の設置位置に低い正負の電圧を印加し、イオンビームである電流を制御する。

前記イオンビームの引出し電極67は、コントロール電極66の下位に設置され、かつ高圧電極82に接続された引出し電極用電極79に接続されている。そして、前記液体金属イオン源65のフラメンツ651, 652に電流を供給し、 $10^{-4}$  Torr以下の真

特開昭58-56332(5)

空中において加熱蒸発したうえで、引出し電極67に数10KVの負の電圧を印加すると、液体金属イオン源65のニードル653の先端部の極めて狭い領域からイオンビームが引出される。なお、第6図中にイオンビームを符号68で示し、またスポットを符号69で示す。

前記アパーチャ69は、引出し電極67の下位に設置されており、引出し電極67により引出されたイオンビームの中央部付近のみを取出すようになっている。

前記静電レンズ70, 71, 72の組は、アパーチャ69の下位に配列され、かつ高圧電極82に接続されたレンズ用電極80, 81に接続されている。これらの静電レンズ70, 71, 72は、アパーチャ69により取出されたイオンビームを集束するようになっている。

前記ブランキング電極73は、静電レンズ72の下位に設置され、かつ制御電極85に接続されたブランキング電極用電極83に接続されている。このブランキング電極73は、極めて遅い速度でイオンビ

17

18

ームを試料に向かう方向と直交する方向に走査させ、ブランキング電極73の下位に設置されたアパーチャ74の外へはすし、試料へのイオンビームの照射を高速度で停止させるようになっている。

前記アパーチャ74は、イオンビームのスポットを試料面上に投影結像させるようになっている。

前記偏内電極75, 76の組は、アパーチャ74の下位に設置され、かつ制御電極85に接続された偏内電極用電極84に接続されている。この偏内電極75, 76は、前記静電レンズ70, 71, 72で集束されたイオンビームのスポットをX, Y方向に偏内させ、試料の黒点欠陥に照らせるようになっている。

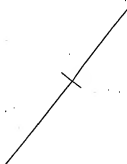
前記液体金属イオン源65のフラメンツ用電極77、コントロール電極用電極78、イオンビームの引出し電極用電極79、レンズ用電極80, 81に電圧を印加する高圧電極82には、数10KVのものが使用される。

前記制御電極85は、ブランキング電極用電極83および偏内電極用電極84を通じて、ブランキング電極73および偏内電極75, 76を一定のパターンに

したがって作動するように制御する。

前記2次荷電粒子検出器86は、試料室40内において試料に向かつて設置され、試料にイオンビームのスポットが照射されたとき、試料から出る2次電子または2次イオンを捕捉し、その強度を電流の強弱に変換し、その信号をBIM観察装置87に送るようになっている。

以下 余 白



19

特開昭58-56332(6)

前記SIM観察装置87は、ブラウン管88を備えている。そして、SIM観察装置87は偏向電極用電源84からイオンビームのX、Y方向の偏向量に関する信号を受け、これと同期させてブラウン管88の輝点を走査し、かつその輝点の輝度を前記2次荷電粒子検出器86から送られてくる電流強度の信号に応じて変化させることにより試料の各点における2次電子放出能に応じた試料の像が得られるSIM、すなわち走査型イオン顕微鏡の機能により、試料面の拡大観察を行なうようになっている。

前記イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段89は、偏向電極76と試料間に設置されている。このスポットの乱れを防ぐ手段89の第8図に示すものは、イオンビームの通過方向と交差する方向に電子レヤワ890、891を対向設置しており、各電子レヤワ890、891はカップ型の本体892、その内部に設けられたフィラメント893、本体892の開口部に設けられた格子状の引出し電極894とを有して構成されている。そして、各電

子レヤワ890、891はフィラメント893から引出し電極894により100V程度の加速電圧で電子流895を引出し、該電子流895をイオンビームの通過する空間に放出し、イオンビームに負電荷を与えて中和するようになっている。この第8図中、符号68はイオンビーム、75、76は偏向電極、90は試料を示す。

次に、第6図ないし第9図(1)~(4)に関連して前記実施例の欠陥修正装置の作用とともに本発明の欠陥修正方法の一実施態様を説明する。

黒点欠陥をもつマスク、すなわち試料90を試料交換室41内において試料台60の上に載置し、ついで試料交換室41を密閉し、真空排気系により予備排気を行なった後、試料引出し具84を介して試料室40に入れ、載物台55の上に載置する。

ついで、真空排気系により真室30と試料室40内を $10^{-4}$  torr程度に真空引きし、その真空状態に保つ。

次に、高圧電源82および制御装置85を動作させ、液体金属イオン源65のライフメント用電極77、コントロール電極用電極78、イオンビームの引出し

21

22

電極79、偏向電極用電源84を通じて、液体金属イオン源65のフィラメント651、652の電極651、652、コントロール電極66、イオンビームの引出し電極67、静電レンズ70、71、72、偏向電極75、76にそれぞれ電圧を印加する。

そして、当初はコントロール電極66と引出し電極67とにより液体金属イオン源65のニードル653を通じてイオン源となる金属654から数KV以下の低い加速電圧のイオンビーム68を引出し、そのスポット68により試料90を走査するとともに、移動マイクローメータ56、57、58およびθ方向移動リング89を介して載物台55をX、Y、Z方向およびθ方向に移動させ、偏向電極用電源84からの信号と2次荷電粒子検出器86からの信号とによりSIM観察装置87のブラウン管88に試料表面を拡大表示し、試料中の黒点欠陥を観察する。

そして、前記移動マイクローメータ56、57、58およびθ方向移動リング89を動作させ、第9図(1)に示すパターン91に付着されている黒点欠陥92を、第9図(2)に示すようにアパーチャ74の投影結像部

93に合致させる。

ついで、イオンビームの引出し電極67に数10KVの負の電圧を印加し、液体金属イオン源65のニードル653の先端部の極く狭い領域からイオンビーム68を引出し、コントロール電極66により低い正負の電圧を印加して電流を制御し、前記イオンビーム68をアパーチャ69により中央部付近のみを取出し、静電レンズ70、71、72により集束し、偏向電極75、76によりX方向およびY方向に偏向させつつ試料90中の黒点欠陥92にイオンビーム68のスポット68'を照射する。

そして、黒点欠陥92を修正するに際し、第9図(3)に示すように、アパーチャ74の投影結像部93のY方向の1列目の照射位置 $y_1$ におけるX方向の始点 $x_1$ にスポット68'が位置するようにセットし、ついでスポット68'を1列目の照射位置 $y_1$ においてX方向に走査させ、X方向の終点 $x_m$ に到達した時点でブランキング電極73を動作させ、スポット68'をアパーチャ74からはずして試料90に照射されないようにし、スポット68'を終点 $x_m$ から始点

23

$x_1$ に属し、 $y$ 方向に $4y$ 移動させ、1列目の照射位置 $y_1$ から $y$ 方向の2列目の照射位置 $y_2$ に移し、この位置からスポット60'を再び $x$ 方向に走査させ、以後 $y$ 方向の最後列の照射位置 $y_n$ におけるスポット60'の照射終了まで前述の動作を繰返して行なうことによつて第9図(4)に示すように、黒点欠陥を除去することができる。

ところで、本発明において対象とするマスクの黒点欠陥および黒点欠陥と接続されているパターンは金属ないし金属化合物であり、各々が分離しており、アースされていない。したがつて、電荷をもつたイオンビームが入射することによりパターンに電荷が蓄積し、後から入射するイオンビームの行路に影響を与える。すなわち、イオンビームのスポット60'が小さくなつたり、変形させるときに軌道がそれたり、あるいは投影縮像したアパーチャ74の像の變形が起れたりして良好な加工が妨げられる。

そこで、イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段の電子レヤワ890、891からイ

特開昭58-56332(7)

オンビーム68に向つて電子銃895を放出し、イオンビーム68に負電荷を与えて中和する。その結果、空間電荷効果によるイオンビーム68の拡がり、スポット60'を走査させたときの軌道のずれ、あるいはアパーチャ74の像の變形の乱れを防止できるので、より一層黒点欠陥の修正精度を向上させることができる。

以上の工程を経て加工修正したマスクを取り出すときは、鏡筒39と試料室40間に設けられたゲートバルブ42を閉じ、試料室40と試料交換室41間に設けられたゲートバルブ43を開け、試料引出し具84により試料台60を試料交換室41に引出し、ゲートバルブ43を閉じ、試料交換室41の扉を開け、前記加工修正したマスクを取り出し、後工程に送付する。

実際に黒点欠陥を除去した条件を示すと、厚さ600ÅのCrマスクの黒点欠陥に対して、 $Q_0$ の放電金属イオン源から加速電圧45KVで引出し、静電レンズにより0.2μmに絞り、かつ偏向電極により20μm/secの速度でイオンビームのスポットを走査して良好な加工結果を得た。

25

25

次に、本発明の異なる色々な実施例について説明する。

まず、真鍮線系は前記第6図に示すものに限らず、オイルロータリポンプとディフュージョンポンプとオイルトラップとを組合わせて構成してもよく、またオイルロータリポンプとクライオポンプとイオンポンプとチタニウムポンプとを組合わせて構成してもよい。

また、イオン源は第6図および第7図に示す液体金属イオン源65に限らず、 $10^{-4}$  torr以下の高真空中で動作する極低圧の電界電離型のイオン源を用いることも可能である。

第10図に前記極低圧の電界電離型のイオン源を示す。この第10図に示されるものは、ガス送出用孔656を有する支持部655、該支持部655に設けられた金属製のニードル657、サファイアの絶縁体659により支持部655に対して電絶的に絶縁された引出し電極658とを備えている。前記支持部655は、液体ヘリウムの冷凍部に接続され、支持部655とニードル657とは前記冷凍部により液

体ヘリウム温度にまで冷却されている。この支持部655に設けられた孔656から希ガス、 $H_2$ ガス等のイオン化用ガス660が送出され、そのガス原子はニードル657の表面に吸着され、高い密度を有するようになる。そして、引出し電極658に電圧が印加されるに伴い、その高電圧によりガス原子がニードル657の先端部の極めて狭い領域から電界電離し、イオンビーム661として引出される。この極低圧の電界電離型のイオン源は、通常の温度による電界電離型のイオン源に比べてガス原子のニードル先端近辺での吸着密度が極めて高いため、高輝度のイオン源となる。

さらに、イオンビームを集束する列電極光学系は、第6図に示す3枚1組の静電レンズ70、71、72に限らず、アインツェルレンズを用いることも可能であり、またレンズの枚数も3枚に限らない。

また、荷電粒子光学系のレンズとブランディング電極とアパーチャと偏向電極との設置順序も第6図に示す順序に限らず、様々に変えることができる。



27

第11図(1), (2), (3), (4)に可変粒子光学系のレンズとアパーチャとの色々な実施例を示す。

その第11図(1)に示すものは、イオン源680の下位にアパーチャ681を設置し、その下位にレンズ700, 701, 702の組を配置しており、アパーチャ681から出た像をレンズ700, 701, 702により試料90の上に結像投影するようにしている。

また、第11図(2)に示すものはイオン源680の下位に1段目のレンズ703, 704, 705の組と、2段目のレンズ706, 707の組とを間隔を置いて配置し、これら1段目のレンズ703, 704, 705の組と2段目のレンズ706, 707の組間にアパーチャ682を設置している。そして、イオン源680から出たイオンビームを1段目のレンズ703, 704, 705により平行ビームに変え、アパーチャ682により平行ビームの中央部付近を取り出し、その像を2段目のレンズ706, 707により試料90の上に結像投影するようにしている。この第11図(2)に示すものは、第11図(1)に示すものに比べてイオンビームのより多くの部分を試料の照射に用いることが

特開昭58-56332(B)

できる。

次に、第11図(3), (4)に示すものはイオン源680の下位にズームレンズである1段目のレンズ708, 709, 710の組を配置し、その下位に開口部の寸法可変のアパーチャ683を設置し、さらにその下位に2段目のレンズ711, 712, 713の組を配置している。そして、第11図(3)ではアパーチャ683の開口部の寸法を狭く調整し、イオンビームをズームレンズである1段目のレンズ708, 709, 710によりアパーチャ683の開口部の寸法よりもやや大きな寸法 $\alpha$ に絞込み、アパーチャ683から出た像を2段目のレンズ711, 712, 713により試料90の上に寸法 $\alpha$ をもつて投影させている。ついで、第11図(4)ではアパーチャ683の開口部を第11図(3)の寸法よりも広い寸法 $\beta$ に調整し、イオンビームを1段目のレンズ708, 709, 710で前記寸法 $\beta$ よりもやや大きな寸法 $\beta'$ に絞り、2段目のレンズ711, 712, 713により試料90の上に寸法 $\beta'$ に投影するようにしている。これら第11図(3), (4)に示す構成によればイオンビームのさら

29

に多くの部分を試料90の上に照射させることができる。

なお、アパーチャの開口部は、円形、多角形等、任意の形状に形成してもよいが、四角形でかつ寸法可変のものの方が使い易い。

第12図(1), (2), 第13図(1), (2), (3), 第14図(1), (2), (3), 第15図に開口部の寸法を可変としたアパーチャと、これの使用方法和、焦点欠陥とアパーチャの開口部との位置および寸法合わせに使用する装置とを示す。

その第12図(1), (2)に示すアパーチャは、水平面内のX方向に位置された第1, 第2のスライドプレート685, 686, Y方向に位置された第3, 第4のスライドプレート687, 688、真空容器の壁684に外部から操作しうように取付けられかつ第1, 第2, 第3, 第4のスライドプレート685, 686, 687, 688にそれぞれ連結されたマイクロメータ式の第1, 第2, 第3, 第4の微動送り手段689, 690, 691, 692とを備えている。前記第1, 第2のスライドプレート685, 686の対向

30

面と、第3, 第4のスライドプレート687, 688の対向面とは刃型に形成されている。また、第1, 第2のスライドプレート685, 686と第3, 第4のスライドプレート687, 688とは接触面693を介してパツク・トリ・パツクに配置されている。このアパーチャでは、第1, 第2の微動送り手段689, 690を操作することによつて、第1, 第2のスライドプレート685, 686がX方向に移動するので、開口部のX方向の寸法および位置を微動調整でき、第3, 第4の微動送り手段691, 692を操作することによつて第3, 第4のスライドプレート687, 688がY方向に移動するので、開口部のY方向の寸法および位置を微動調整することができる。

第13図(1), (2), (3)は、隣合わせのパターン間の間隔が狭い所に付着した焦点欠陥を除去する場合に、前記第12図(1), (2)を適用した使用例を示す。すなわち、第13図(1)に示すように、隣合わせのパターン94に付着された焦点欠陥96の位置および寸法に合わせて第12図(1), (2)に示すアパーチャの部

33 X

1, 第2, 第3, 第4のスライドプレート685, 686, 687, 588を移動させ、開閉されたアバーチアの開口部により第13図(2)に示すように、黒点欠陥96を投影結像範囲である矩形の枠694で囲み、この枠694内で前記第9図(3)に示す領域でスポットを走査させ、黒点欠陥96を除去し、第13図(3)に示すようにパターン94を修正する。

次に、第14図(1), (2), (3)は、パターン97, 98のうちの、パターン97に大きな黒点欠陥99が付着している場合に、第12図(1), (2)に示す開口部の寸法可変のアバーチアを使用する例を示すもので、大きな黒点欠陥99の位置および寸法に合わせて矩形の枠695を形成しうようにする外は、前記第13図(1), (2), (3)に示すものと同様である。

さらに、第15図はパターン98の黒点欠陥と開口部の寸法可変のアバーチアの開口部と位置および寸法に合わせてTVモニタを使用する装置を示す。この図に示す装置は、電子ライン発生ユニット696とTVモニタ697とを備えている。そして、この装置では前記第12図に示す開口部の寸法可変

特開昭58-56332(9)

のアバーチアの、第1, 第2, 第3, 第4の移動送り手段589, 690, 691, 592にポテンシオメータ等を運動させ、これからの信号598を電子ライン発生ユニット696に入れ、この電子ライン発生ユニット696からTVモニタ697に前記アバーチアの第1, 第2, 第3, 第4のスライドプレート685, 686, 687, 688の位置の信号699を送り、この信号に基づき、TVモニタ697にX方向の位置を $X_1, X_2$ の電子ラインで示し、Y方向の位置を $Y_1, Y_2$ の電子ラインで表示する。したがって、この装置を使用することにより、黒点欠陥の位置および寸法に合わせてアバーチアの開口部を正確にかつ容易に調整することができる。

前記アバーチアの投影結像範囲の調整は、第12図(1), (2)に示す機械的に行なうものに限らず、デジタル電源で行なうようにしてもよい。

また、本発明では前記イオンビームの電圧用電源79、レンズ用電源79, 80に代えて、分極磁気銃を用いる場合もある。

通んで、第16図、第17図(1), (2)、第18図はイオ

33 Y

ンビームの電荷によるスポットの飛れを防ぐ手段における第8図に示すものに對して異なる実施例を示す。

その第16図に示す手段は、電子シヤワ896, 897を試料90の表面に向けて設置し、電子銃898を試料90の表面に照射し、イオンビームの照射による試料90の電荷蓄積を防止しうようになっている外は、第8図に示すものと同様である。

次に第17図(1), (2)に示す手段は、X, Y, Z方向に移動しうるアーム898とこれに取付けられたプローバ899とを備え、アーム898をアースしている。そして、プローバ899を黒点欠陥101を有するパターン100に接触させて使用し、試料90にイオンビームが照射されたとき、その電荷がパターン100、プローバ899およびアーム898を通じてアースへと流れるようにしている。その結果、試料90への電荷の蓄積を防止することができる。

さらに、第18図に示す手段は、試料台60の上にマスク基板901を設置し、マスク基板901の全面に極めて薄く金属または $\text{In}_2\text{O}_3, \text{SnO}_2$ などの導電

性化合物の薄膜903を蒸着し、導電材料のガラス904で固定する。これにより、試料であるマスクの、光やX線、イオンビームに対する透過率を全く変えることなく、パターン902からの電荷を、導電材料のガラス904および試料台60を通じてアースへ流すことができ、したがってイオンビームを照射したときの電荷の蓄積を防止することができる。

本発明は、以下説明した構成、作用のもので、本発明の1番目の発明によれば、高輝度のイオン源からイオンビームを引出し、該イオンビームを荷電粒子光学系により微小なスポットに集束し、試料であるマスクの黒点欠陥に照射し、該黒点欠陥を除去するようにしている。1~1.5μないし1μ以下のパターンICを製作するためのフォトマスク、X線露光用マスク、イオンビーム露光用のマスク等に発生する黒点欠陥を高精度に修正できる効果があり、十分に実用的な生産性をもつて修正できる効果もある。

また、本発明の2番目の発明によれば、1番目

特開昭58-56332(10)

の発明において、イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防止しつつマスクの黒点欠陥に照射するようにしているので、より一層高精度に修正できる効果がある。

さらに、本発明の3番目の発明によれば、真空容器内に試料室を形成し、該試料室にマスクを載置する載物台を設け、同真空容器内に試料室に対峙させて基板金属イオン源または極低圧で動作する電界電離型のイオン源等の高輝度のイオン源を設けるとともに、少なくとも、前記イオン源からイオンビームを引出す手段と、引出されたイオンビームをスポットに集束する荷電粒子光学系と、イオンビームの出力や安定性、スポット径、スポットの照射方向を制御し、マスクの黒点欠陥にスポットを照射させる手段とを設けた構成としているので、前記1番目の発明を確実実施できる効果がある。

また、本発明の4番目の発明によれば、前記3番目の発明において、イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段を設けているので、前

記2番目の発明を確実実施できる効果がある。図面の簡単な説明

第1図はガラス基板上にクロム金属等を蒸着したフォトマスクの縦断面図、第2図はフォトマスクの平面図であつてマスクに発生する黒点欠陥と白点欠陥を示す図、第3図はレーザ加工を用いた従来のマスクの欠陥修正装置を示す図、第4図(1)、(2)、(3)、(4)、(5)はX線用のマスクの製作工程とその製品の一例を示す図、第5図はイオンビーム露光用のマスクの一例を示す縦断面図、第6図は本発明のマスク欠陥修正方法を実施する装置の一例を示すブロック図、第7図は第6図に示す装置中の基板金属イオン源の一例を示す拡大斜視図、第8図はイオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段の一例を示す拡大断面図、第9図(1)、(2)、(3)、(4)は第6図に示す装置を使用して行なう本発明の実施態様を示す図、第10図はイオン源の異なる実施例を示すもので、極低圧の電界電離型イオン源の拡大断面図、第11図(1)、(2)、(3)、(4)は荷電粒子光学系のレンズと、イオンビ

37

38

ームを試料の上に投影結像させるアパーチャとの組合わせの異なる色々な実施例を示す図、第12図(1)および(2)は開口部の寸法可変のアパーチャの拡大縦断面図および横断面図、第13図(1)、(2)、(3)および第14図(1)、(2)、(3)は開口部の寸法可変のアパーチャを使用して行なう欠陥修正工程を示す図、第15図は黒点欠陥の位置および寸法と開口部の寸法可変のアパーチャの開口部との位置および寸法を合わせた状態を表示する装置のブロック図、第16図はイオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段の第8図に対して異なる実施例を示す断面図、第17図(1)および(2)は前記手段の他の実施例を示す正面図および平面図、第18図は前記手段の別の実施例の縦断面図である。

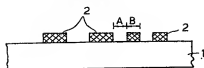
37…組合、38…鏡筒、40…試料室、41…試料交換機、42…54…真空排気系の構成部材、55…載物台、56、57、58…X、Y、Z方向の移動マイクローメータ、59…θ方向移動リング、60…試料台、基板金属イオン源、650…654…基板金属イオン源の構成部材、655…659…極低圧で動作する電界

電離型のイオン源の構成部材、66…コントロール電極、67…イオンビームの引出し電極、69、74、681、682、683…アパーチャ、685…692…開口部の寸法可変のアパーチャの構成部材、69…イオンビーム、69…イオンビームのスポット、70…72…荷電粒子光学系の静電レンズ、700…713…レンズ、73…プランケング電極、75、76…偏向電極、77…84…各電極用の電源、85…制御装置、87…2次荷電粒子検出器、89…イオンビームの電荷によるスポットの乱れを防ぐ手段、890…904…同手段を構成する部材、90…試料、91、94、95、97、98、100…バヨネット、92、96、99、101…黒点欠陥。

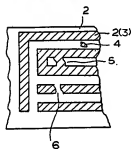
代理人 伊理士 秋 本 正 実

特開昭58-56332(11)

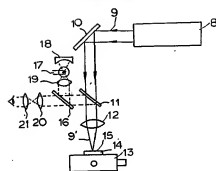
第1図



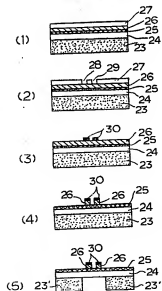
第2図



第3図



第4図

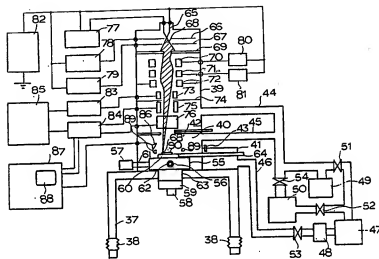


第5図

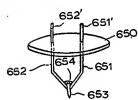


特開昭58-56332(12)

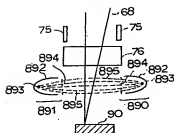
第6圖



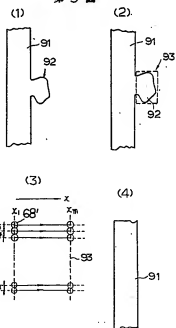
第7圖

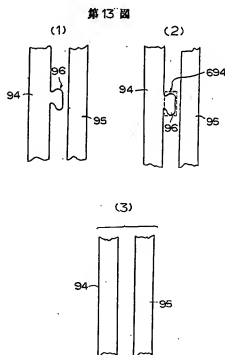
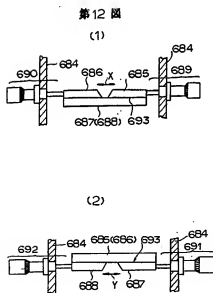
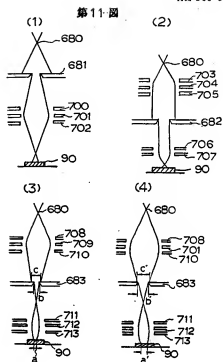
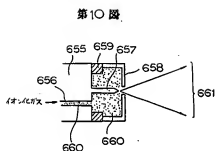


第8圖

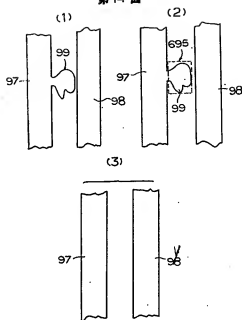


第9圖

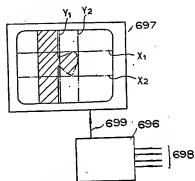




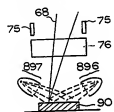
第14圖



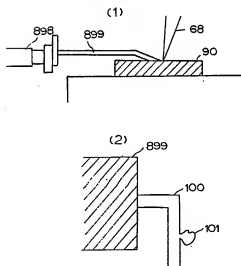
第15圖



第16圖



第17圖



第18圖

